

a.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-294943

(43)公開日 平成6年(1994)10月21日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 27/02

Z 7036-2K

H 0 4 N 5/64

5 1 1 A 7205-5C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 20 頁)

JCS97 U.S. PTO  
09/863066  
05/23/01

(21)出願番号 特願平5-270768

(22)出願日 平成5年(1993)10月28日

(31)優先権主張番号 特願平5-21208

(32)優先日 平5(1993)2月9日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 研野孝吉

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号オリン

パス光学工業株式会社内

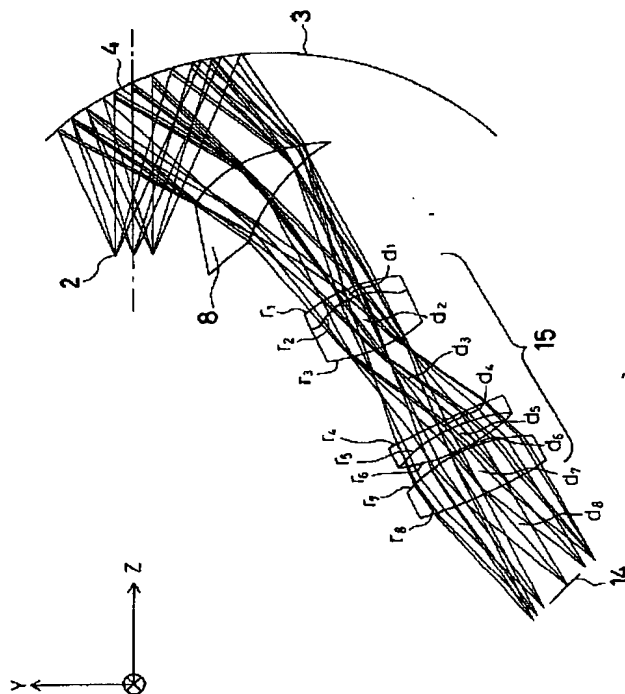
(74)代理人 弁理士 荏澤 弘 (外7名)

(54)【発明の名称】 視覚表示装置

(57)【要約】

【目的】 40°以上の観察画角で観察でき、かつ、周辺までフラットで鮮明な画像が観察でき、さらに、広い射出瞳径を確保した視覚表示装置。

【構成】 観察像を表示する2次元画像表示素子14と、2次元画像表示素子14の実像を空中に投影するリレー光学系15と、その実像を空中に拡大投影すると共に光軸を反射屈曲させる接眼凹面反射光学系3とからなる視覚表示装置において、リレー光学系15と接眼凹面反射光学系3との間に相互に偏心した面を有する偏心補正光学系8を配置する。また、接眼凹面反射光学系3による反射屈曲角を60°以上にすることが望ましい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 観察像を表示する2次元画像表示素子と、前記2次元画像表示素子の実像を空中に投影するリレー光学系と、その実像を空中に拡大投影すると共に光軸を反射屈曲させる接眼凹面反射光学系とからなる視覚表示装置において、前記リレー光学系と前記接眼凹面反射光学系との間に相互に偏心した面を有する偏心補正光学系を配置したことを特徴とする視覚表示装置。

【請求項2】 観察像を表示する2次元画像表示素子と、前記2次元画像表示素子の実像を空中に投影するリレー光学系と、その実像を空中に拡大投影すると共に光軸を反射屈曲させる接眼凹面反射光学系とからなる視覚表示装置において、前記リレー光学系と前記接眼凹面反射光学系との間に相互に偏心した面を有する偏心補正光学系を配置し、かつ、前記の空中像を拡大投影すると共に光軸を反射屈曲させる接眼凹面反射光学系での屈曲角を $60^\circ$ 以上にしたことを特徴とする視覚表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ポータブル型視覚表示装置に関し、特に、観察者の頭部又は顔面に保持することを可能とする頭部又は顔面装着式視覚表示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、頭部装着式視覚表示装置として、図21に平面図を示したようなものが知られている（米国特許第4026641号）。これは、CRTのような画像表示素子46の像を画像伝達素子25で物体面12に伝達し、この物体面12の像をトーリック反射面10によって空中に投影するようにしたものである。

【0003】さらに、本出願人による先行技術として、特願平3-295874号において、偏心して配置した凹面接眼光学系と、偏心して配置したリレー光学系を使用した頭部装着式視覚表示装置がある。その1実施例の断面図を図22に示す。図中Pは観察者眼球13の回旋中心、Cは観察者にとって正面に相当する観察視軸、Q<sub>1</sub>は観察者瞳位置、S<sub>8</sub>はTを回転中心軸とする回転楕円体、16はその回転楕円体の反射面、17はリレー光学系の光軸、Q<sub>2</sub>は回転楕円体の焦点、15はリレー光学系、14は2次元画像表示素子である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】頭部装着式視覚表示装置にとって、装置全体の大きさを小さくすることと、重量を軽くすることは、装着性を損なわなくするために重要な点である。この装置全体の大きさを決定する要因は、光学系のレイアウトである。

【0005】装置全体を小型にするためには、2次元画像表示素子を凸レンズで拡大して直接観察する直視型のレイアウトでは、観察者顔面からの装置突出量が大きくなる。さらに、広い観察画角をとるためには、大きな正

レンズ系と大きな2次元画像表示素子を使用する必要があり、装置が大きくなると同時に、重くなる。

【0006】疲労を感じさせずに長時間の観察を可能としたり、簡単に着脱するためには、観察者の眼球直前に反射面からなる接眼光学系を配置した構成が望ましい。これにより、2次元画像表示素子と照明光学系等を観察者の頭部周辺に小さくまとめて配置でき、装置の突出量が減ると同時に、軽量化が可能となる。

【0007】次に、大きな画角を確保することは、画像観察時の臨場感を上げるために必要である。特に、提示される画像の立体感は提示画角によって決まってしまう（テレビジョン学会誌 Vol.45, No.12, pp.1589-1596(1991)）。

【0008】広い画角と高い解像力が得られる光学系をいかにして実現するかが、次に重要な問題となる。

【0009】立体感・迫力感等を観察者に与えるためには、水平方向で $40^\circ$ （ $\pm 20^\circ$ ）以上の提示画角を確保することが必要であると同時に、 $120^\circ$ （ $\pm 60^\circ$ ）付近でその効果は飽和してしまうことが知られている。つまり、 $40^\circ$ 以上で、なるべく $120^\circ$ に近い観察画角にすることが望ましい。しかし、上記の接眼光学系が平面の反射鏡の場合は、観察者の眼球に上記の $40^\circ$ 以上の画角の光線を入射させようとした場合には、非常に大きな2次元画像表示素子を必要とし、結局装置全体が大きくて重いものになってしまう。

【0010】さらに、凹面鏡は、その性質上、凹面鏡の表面に沿った凹面の強い像面歪曲を発生するために、平面の2次元画像表示素子を凹面鏡の焦点位置に配置すると、その観察像面は湾曲を起こしてしまい、視野周辺まで明瞭な観察像を得ることはできない。また、2次元画像表示素子の表示面を湾曲して配置する方法も、図21の先行技術のように存在する。しかし、図21のように凹面鏡を使用して、凹面鏡の前側焦点位置に2次元画像表示素子を配置し、凹面鏡のみで2次元画像表示素子を空中に拡大投影する配置をとっても、 $40^\circ$ 以上の観察画角を提供する場合には、凹面鏡の収差のために高い解像力を得ることは難しかった。

【0011】また、図22のような偏心配置の補正光学系を使用する場合、その偏心補正光学系が顔面近傍に位置するために、眼鏡等を使用しながら像を観察することができなかった。これは、図22より明らかなように、眼鏡の縁の部分が偏心補正光学系と干渉することと、観察像を形成するリレー光学系からの光線が眼鏡レンズに裏側から当たってしまい、正常な観察像を観察することができなくなってしまうことによる。

【0012】本発明はこのような問題点を鑑みてなされたものであり、広い観察画角を提供しつつ、小型・軽量で、高い解像力と大きい射出瞳径を持った視覚表示装置、及び、このような視覚表示装置でありながら、眼鏡を掛けたまま観察できる視覚表示装置を提供しようとする。

るものである。

【0013】以下、本発明の大きい射出瞳径を提供する目的について説明する。光学系の射出瞳径を大きくとらないと、周辺の画角を観察する時の眼の回旋運動によって視野がケラれてしまう。この様子を図4に示す。図

(a)は、視野中心を観察している観察者の眼1の瞳位置2が光学系の射出瞳径位置に合っている場合であり、図(b)は、視野周辺を観察しようとして観察者が眼1をその方向に回旋させて見ようとした場合であり、観察者の瞳2と眼球1の回旋中心がズレているために、図

(b)においては、あたかも瞳2が横ズレしたようになる。このため、例えば左方向を観察しようとして眼球1を左に回すと、右側の視野がケラれて見えなくなる問題が発生する。

【0014】また、観察者の瞳と装置自体の射出瞳は、装置の装着状態で変化する。観察者の瞳径に対してある程度余裕を持った射出瞳径を持った装置でないと、装置装着時や観察者の個人差によって起こる観察者瞳位置と装置の射出瞳位置のズレを吸収できずに、観察者の瞳で観察画像が遮られ、広い観察画角を確保することはできない。

【0015】この問題を解決するためには、観察系の射出瞳径を大きく設計することが重要となる。一般のカメラレンズでも、瞳径を大きくすること、すなわち、Fナンバーを小さくすることは、レンズの収差補正上難しくなり、瞳径を2倍にすることには大変な困難が伴う。例えば、Fナンバー2.8で焦点距離50mmのカメラ用標準レンズとFナンバー1.4の標準レンズでは、その構成枚数は3枚のトリプレットタイプから6枚のガウスタイプにする必要がある。このように、瞳径(Fナンバー)を2倍にすることは、光学系の構成を大きく変え、レンズ構成の大形化を招いてしまう。

【0016】ところで、一般の人の約半数は近視・乱視等の視覚障害を持っている。近年、コンタクトレンズが普及してコンタクトレンズ装着者の割合が増えてはいるが、コンタクトレンズは、その取扱いや保守性から一部の人の使用に限られており、価格や取扱い等の問題で眼鏡を使用している人が殆どである。

【0017】眼鏡を利用している人が眼鏡を取った裸眼により、例えば図21~22のような視覚表示装置を装着して、明瞭な観察画像を観察できるようにするには、視覚表示装置側に何らかの視度補正手段を設ける必要がある。

【0018】しかし、小型・軽量を目的とする本発明のような視覚表示装置に乱視を含めた視度補正手段を設けることは、装置の大型化と重量の増大を招くと共に、装置側の視度補正量を観察者に合うよう適切に調整できるようにすることは非常に難しくなる。また、間違った視度で正常な観察視力を持った観察者が長時間観察してしまった場合、その観察者の視度が逆に装置側の間違っ

た視度に順応してしまっ、観察者の視力が悪くなってしまいう危険性もある。

【0019】さらに、2次元画像表示素子の空中像と外界の観察像を重畳して観察する所謂「スーパーインポーズ」での観察では、外界の像の視度と視覚表示装置により空間に投影された空中像との両方に視度補正機構を付加することが必要になり、ますます装置の大型化を招いてしまう。

【0020】本発明は上記の問題点を解決するためになされたものであり、その第1の目的は、 $40^{\circ}$  ( $\pm 20^{\circ}$ )以上の観察画角で観察でき、かつ、周辺までフラットで鮮明な画像が観察でき、さらに、広い射出瞳径を確保した視覚表示装置を提供することである。

【0021】また、本発明の別の目的は、眼鏡等を装着したまま空間に投影された広い観察画角の空中像を鮮明に観察することが可能な視覚表示装置を提供することである。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の第1の視覚表示装置は、観察像を表示する2次元画像表示素子と、前記2次元画像表示素子の実像を空中に投影するリレー光学系と、その実像を空中に拡大投影すると共に光軸を反射屈曲させる接眼凹面反射光学系とからなる視覚表示装置において、前記リレー光学系と前記接眼凹面反射光学系との間に相互に偏心した面を有する偏心補正光学系を配置したことを特徴とするものである。

【0023】この場合、2次元画像表示素子、リレー光学系、接眼凹面反射光学系を観察者頭部に支持する支持手段を設けるのが望ましく、また、このような構成を右眼用及び左眼用に別々に一組設けるのが望ましく、また、この右眼用及び左眼用の構成において、相互に一部異なる表示を2次元画像表示素子に表示して、観察可能にすることもできる。

【0024】なお、リレー光学系と接眼凹面反射光学系との間に配置された偏心補正光学系の最も接眼凹面反射光学系側の面を接眼凹面反射光学系側に凸であるようにすることが望ましい。

【0025】さらに、本発明の第2の視覚表示装置は、観察像を表示する2次元画像表示素子と、前記2次元画像表示素子の実像を空中に投影するリレー光学系と、その実像を空中に拡大投影すると共に光軸を反射屈曲させる接眼凹面反射光学系とからなる視覚表示装置において、前記リレー光学系と前記接眼凹面反射光学系との間に相互に偏心した面を有する偏心補正光学系を配置し、かつ、前記の空中像を拡大投影すると共に光軸を反射屈曲させる接眼凹面反射光学系での屈曲角を $60^{\circ}$ 以上にしたことを特徴とするものである。

【0026】

【作用】以下、上記配置をとる理由と作用について説明

する。以下は、設計上の利便性から、観察者瞳位置から2次元画像表示素子へ向けて光線を追跡する逆追跡の光路に沿って説明する。接眼凹面反射光学系とリレー光学系の間に配置された偏心補正光学素子は、偏心して配置された接眼凹面反射光学系で発生する光軸に対して対称ではない収差を補正するためのものである。

【0027】以下、上記配置をとる理由について、リレー光学系を省略した図3を用いて説明する。図3は、観察者の右眼に当たる光学系の接眼凹面鏡によって発生する像面湾曲を逆追跡によって示した図である。この図は右眼用の光学系であり、左眼用の光学系はこれと対称に配置される。この図において、観察者眼球を1、観察者瞳位置を2、接眼凹面鏡を3、観察者の視軸を4、接眼凹面鏡3による無限遠物体の像面を5、接眼凹面鏡3によって屈曲した光軸を6、接眼凹面鏡3による観察者の瞳投影位置を7で示す。

【0028】この図は、観察者眼球位置1での瞳径は8mm、追跡光線の画角は $50^\circ$ （半画角 $25^\circ$ ）と、 $35^\circ$ （半画角 $17.5^\circ$ ）の光線を示している図である。前記のように、観察画角が $40^\circ$ を越える広画角の接眼凹面反射光学系では、凹面鏡の結像特性として、凹面鏡の焦点面5は湾曲してしまう。観察画角の中心である視軸4は、接眼凹面鏡3によって反射され、光軸6となる。凹面鏡3を視軸4に対して偏心して配置しているために、像面5と光軸6は垂直にならずに、光軸6に対して斜めに傾いた像面5として形成される。

【0029】つまり、偏心した凹面鏡3で光軸6までも屈曲させているために、観察画角の中心である光軸6に対して傾いてなおかつ湾曲した像面5を形成する。この像面湾曲は、凹面反射鏡3を非球面で構成しても、トーリック面で構成しても、同じである。

【0030】この像面をリレー光学系で2次元画像表示素子上に投影することは、傾いて湾曲した物体面を平面の2次元画像表示素子上に投影することをリレー光学系に要求することとなる。本発明のような偏心補正光学系がなくとも、リレーレンズ系の偏心と2次元画像表示素子の傾きによって、像面の傾きと像面湾曲を補正できることは、一般に周知の事実であるが、本発明のように大きな瞳径と高い解像力を同時に満足することは困難で、大掛かりなリレー光学系が必要となる。

【0031】そこで、本発明においては、光軸に対して傾いて湾曲した物体面を光軸に対して垂直に起こすと共に像面湾曲を補正する偏心補正光学系を、接眼凹面反射光学系とリレー光学系の間の像面近傍に配置することで、上記のような像面の光軸に対する傾きと湾曲を同時に補正することに成功したものである。

【0032】この偏心補正光学系の少なくとも1つの面は、光軸に対して傾いていることはもちろん、リレー光学系の光軸に対しても傾いていると同時に、偏心補正光学系の2つの面も互いに偏心した面で構成することが好

ましい。これは、接眼凹面鏡による像面が単に傾いた平面ではなく、湾曲を持った曲面になっていて、なおかつ、傾いているためである。この傾いた像面を平面に補正するためには、複雑に偏心した曲面上で上記偏心補正光学系を構成する必要がある。

【0033】このような構成をとる効果について、図1の本発明の概念図を用いて説明する。図1の概念図において、観察者眼球位置を1、観察者虹彩位置を2、接眼凹面鏡を3、観察者視軸を4、接眼凹面鏡3による無限遠物体の像面を5、接眼凹面鏡3で反射された視軸を6、偏心補正光学系を8、偏心補正光学系8を射出した後の光軸を9、偏心補正光学系8で補正された像面を18で示す。

【0034】まず、第1に、偏心補正光学系8が楔状をしていることが重要である。図1に示すように、楔状の偏心補正光学系8は、視軸6に対して非対称な光路長を持つことによって、視軸6に対して傾いて形成される像5を光軸9に対してほぼ垂直な像面18に変換する作用がある。

【0035】次に、視軸に対して対称な像面湾曲を補正するために、リレー光学系（図1中では省略）に対して凹面を向けている像面湾曲補正のために、偏心補正光学系8の第1面 $S_1$ を図1の $S_2$ のように凸面することで、上記像面湾曲を補正できる。これにより、リレー光学系は平坦な像面を2次元画像表示素子に投影するだけで済むので、リレー光学系の収差補正の負担が大幅に減り、小型のリレー光学系で構成することに成功したものである。

【0036】図2に本発明による偏心補正光学系の光路図を示す。この図は後記する実施例1の偏心補正光学系による補正状態を示すもので、図において、観察者眼球を1、観察者瞳位置を2、接眼凹面鏡を3、観察者の視軸を4、接眼凹面鏡3による像面を5、接眼凹面鏡3と図示しないリレー光学系の間に配置される偏心補正光学系を8、接眼凹面鏡3及び偏心補正光学系8によって屈曲した光軸を9、接眼凹面鏡3及び偏心補正光学系8による観察者の瞳2の投影位置を7、接眼凹面鏡3と偏心補正光学系8によって補正された像面を18で示す。この光路図から明らかなように、接眼凹面鏡3による像面5は、偏心補正光学系8によって光軸9に対して垂直で平坦な像面18に補正される。

【0037】このように、偏心した面で構成されている偏心補正光学系8によって、リレー光学系での収差補正の負担が減り、本発明のように、大きな瞳径を確保しつつ、高い解像力を満足した観察光学系とすることが可能となる。なお、上記のように、偏心補正光学系8の第1面と第2面は、軸上光線に対して楔状をしていることが、像面の傾きを補正し、解像力の高い観察像を提供するために重要である。

【0038】さらに好ましくは、接眼凹面鏡3で発生し

た非点収差は、接眼凹面鏡3が偏心して配置されているために、視軸に対して回転対称ではない複雑な非点隔差を発生させている。この複雑な非点隔差を補正するために、偏心補正光学系8はアナモルフィック面で構成することが望ましく、図2の紙面内のY-Z軸面内の屈折力より、紙面と垂直なX-Z軸面内の屈折力が小さくなるように構成することが、非点収差を補正して解像力の高い観察像を視野周辺まで提供するために必要となる。

【0039】さらに好ましくは、偏心補正光学系8の接眼凹面鏡3側の面を凸面で構成することが、収差補正上好ましい。このことは、像面5の湾曲の形に偏心補正光学系8の1面を合わせる形となる。これによって、この偏心補正光学系8を通過する光線の光路長が光軸近傍より周辺画角で短くなるために、像面湾曲補正に有利になるからである。このことは、偏心補正光学系8の役割が、像面湾曲を補正する役割が比較的強い時に重要となる。

【0040】さらに好ましくは、偏心補正光学系とリレー光学系、像面の偏心との両方を組み合わせることによって、更に良好な収差補正ができることは、言うまでもない。

$$D > 0.5 \times F_R$$

なる条件式(1)を満足することが好ましい。

【0045】上記条件式(1)の下限を越えると、接眼凹面鏡3で反射した光線が極端に広がってしまい、偏心補正光学系8が大きくなり、観察者頭部に当たってしまう。また、リレー光学系が大型となり、装置全体が大型のものになってしまう。

【0046】また、接眼凹面反射光学系3と観察者眼球

$$D > 30 \quad [\text{mm}]$$

なる条件(2)を満足することが好ましい。

【0047】さらに、第2の本発明のように、視軸の屈曲角を $60^\circ$ 以上傾けるようにすると、接眼凹面反射鏡によって発生する像面の屈曲後の視軸に対する傾きと、凹面反射鏡に斜めに光束が入射するために発生する複雑

$$R_{Y1} / R_{Y2} < 0.5$$

なる条件(3)を満足することが重要である。

【0048】この条件(3)は、偏心補正光学系のY-Z平面内での屈折力を表している。ただし、本発明の場合は、偏心補正光学系の第1面と第2面はお互いに偏心しているので、厳密には屈折力を定義することは不可能である。本発明のような光学系の場合、この条件式

(3)の上限の0.5を越えると、特に $60^\circ$ 以上の屈曲角を接眼凹面鏡で得る場合、接眼凹面光学系で発生する強い像面湾曲を補正することが難しくなる。この像面湾曲は凹面鏡で発生するもので、比較的屈曲角が小さい場合は、屈曲後の視軸に対して垂直であり、かつ、曲率も緩い像面となる。しかし、屈曲角が $60^\circ$ を越えてくると、視軸に対する傾きと曲率が共に大きくなり、この強い像面湾曲と像面の傾きをリレー光学系で補正できる

【0041】また、さらに好ましくは、偏心補正光学系又は接眼凹面鏡を非球面にすることによって、図1の偏心補正光学系8のように、リレー光学系に入射する瞳収差を補正することが可能となり、リレー光学系の収差補正の負担が減り、リレー光学系を小型にできる。

【0042】さらに好ましくは、光軸6(図1)に対して、リレー光学系の一部又は全部を傾けて配置することにより、偏心補正光学系8で発生する色収差に対しても、リレー光学系で補正することが可能となる。

【0043】さらに好ましくは、偏心補正光学系の像面の傾き補正の負担を減らし、色収差補正によい結果を得るように、2次元画像表示素子を傾けて配置すると、全体の性能に良い結果を与える。

【0044】さらに、接眼凹面反射光学系3の前側焦点位置より凹面鏡3から離れた位置に観察者の瞳2位置を配置すると、接眼凹面鏡3の像面5を小さくすることが可能となり、観察者頭部と偏心補正光学系8との干渉が避けやすく、接眼凹面光学系3の焦点距離を $F_R$ 、接眼凹面光学系3と観察者虹彩位置2までの距離をDとするとき、

$$\dots (1)$$

1の虹彩位置2又は眼球回旋点との距離は、接眼凹面反射光学系3を観察者眼球1直前に配置するために、余りに短いと、観察者の睫毛に当たったり恐怖感を与えてしまう。このために、接眼凹面反射光学系3と観察者虹彩位置2又は眼球回旋点までの距離Dは30mm以上離して配置することが望ましく、

$$\dots (2)$$

な非点収差の発生とにより、観察画角周辺まで明瞭な観察像を観察することができない。上記の収差を補正するためには、偏心補正光学系の第1面と第2面のY-Z軸平面(観察者の左右方向と視軸を含む平面)内での曲率半径を $R_{Y1}$ 、 $R_{Y2}$ とするととき、

$$\dots (3)$$

限界を越えてしまう。さらに、偏心補正光学系でも、上記条件式(3)に示す範囲を越えると、湾曲補正が不可能となり、フラットで鮮明な観察像を得ることができなくなってしまう。

【0049】

【実施例】以下、本発明の視覚表示装置の実施例1～8について説明する。

実施例1

図5を参照にしてこの実施例を説明する。図中、2は観察者瞳位置、4は観察者が正面を観察している時の視軸、3は接眼凹面鏡、8は偏心補正光学系、15はリレー光学系、14は2次元画像表示素子である。

【0050】座標系を図示のように、観察者の左右方向の右から左を正方向とするY軸、観察者の視軸4方向の

眼球側から凹面鏡3側を正方向とするZ軸、上下方向の上から下を正方向とするX軸と定義する。

【0051】以下、この光学系の構成パラメータを示すが、面番号は、射出瞳2位置から2次元画像表示素子14へ向かう逆追跡の面番号として示してある。

【0052】偏心量と傾き角は、凹面鏡3（面番号：2）についてはY軸方向への偏心量のみが与えられ、その頂点が射出瞳2中心を通る視軸4（Z軸方向）からのY軸方向へ偏心している距離であり、偏心補正光学系8に関しては、各面（面番号：3、4）の頂点の射出瞳2中心からのY軸正方向及びZ軸正方向への偏心量と、その面の頂点を通る中心軸のZ軸方向からの傾き角が与えられる。面の中心軸の傾き角はZ軸正方向からY軸正方向へ向かう回転角（図で反時計方向）を正方向の角度として与えられる。リレー光学系15については、その第

$$Z = [(X^2/R_x) + (Y^2/R_y)] / [1 + \{1 - (1 + K_x)(X^2/R_x^2) - (1 + K_y)(Y^2/R_y^2)\}^{1/2}] \\ + AR [(1 - AP)X^2 + (1 + AP)Y^2]^2 \\ + BR [(1 - BP)X^2 + (1 + BP)Y^2]^3$$

ここで、 $K_x$  はX方向の円錐係数、 $K_y$  はY方向の円錐係数、 $AR$ 、 $BR$ はそれぞれ回転対称な4次、6次の非球面係数、 $AP$ 、 $BP$ はそれぞれ非対称な4次、6次の非球面係数である。

【0054】また、面間隔は、射出瞳2と凹面鏡3の間については、射出瞳2中心と凹面鏡3頂点間のZ軸方向

1面（面番号：5）の頂点位置が偏心補正光学系8の各面と同様に与えられ、その頂点を通る中心軸が光軸になり、その光軸の傾き角が同様に与えられる。リレー光学系15の中の第1面以外の特定面（面番号：8）の偏心量と傾き角は、その面の頂点を通る中心軸（光軸）のその前の面の光軸に直角な方向への偏心量と傾き角で与えられる。偏心量と傾き角の表示のない面は、その前の面と同軸であることを表す。また、2次元画像表示素子14（面番号：13）については、その中心の射出瞳2中心からのY軸正方向及びZ軸正方向への偏心量と、その面の法線のZ軸方向からの傾き角とを与えてある。

【0053】また、各面の非球面形状は、座標系を図示のようにとり、各面の近軸曲率半径を、Y-Z面（紙面）に垂直な面内での曲率半径を $R_x$ 、Y-Z面内での曲率半径を $R_y$  とすると、次の式で表される。

の間隔、リレー光学系15の第1面からその像面（2次元画像表示素子14）に到る間隔は、その光軸に沿う間隔で示してある。リレー光学系15については、面の曲率半径を $r_1 \sim r_i$  で、面間隔を $d_1 \sim d_i$  で、d線の屈折率を $n_1 \sim n_i$  で、アッペ数を $\nu_1 \sim \nu_i$  で示す。

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心量)	アッペ数 (傾き角)
1 (2)	$\infty$ (瞳)	47.010		
2 (3)	$R_y$ -71.040 $R_x$ -53.671 $K_y$ 0.059148 $K_x$ -0.136469 $AR$ $0.360349 \times 10^{-7}$ $BR$ $0.513037 \times 10^{-12}$ $AP$ -0.648988 $BP$ -0.313565	0	Y : -29.891	
3 (8)	$R_y$ -53.284 $R_x$ -39.696 $K_y$ 1.206766 $K_x$ 0.766839 $AR$ $-0.134492 \times 10^{-6}$ $BR$ 0 $AP$ $-0.172095 \times 10^{-1}$ $BP$ 0	0	n =1.554618 Y : -50.331 Z : 25.359	$\nu = 64.3$ -7.811°
4	$R_y$ -42.641 $R_x$ -36.603 $K_y$ 0.399124 $K_x$ 2.956479 $AR$ $0.219886 \times 10^{-6}$ $BR$ 0	0	Y : -38.199 Z : 23.012	40.344°

AP	$0.134389 \times 10^{-1}$				
BP	0				
5 (r <sub>1</sub> )	-32.003	(d <sub>1</sub> )	-2	n <sub>1</sub> =1.7466	$\nu_1 = 36.2$
				Y : -46.509	24.174°
				Z : 7.7456	
6 (r <sub>2</sub> )	-13.011	(d <sub>2</sub> )	-13.735	n <sub>2</sub> =1.5540	$\nu_2 = 63.7$
7 (r <sub>3</sub> )	34.716	(d <sub>3</sub> )	-20.957		
8 (r <sub>4</sub> )	-171.983	(d <sub>4</sub> )	-2	n <sub>3</sub> =1.75458	$\nu_3 = 27.6$
				Y : -5.912	2.250°
9 (r <sub>5</sub> )	-28.012	(d <sub>5</sub> )	-5.638	n <sub>4</sub> =1.49815	$\nu_4 = 69.2$
10(r <sub>6</sub> )	42.038	(d <sub>6</sub> )	-0.5		
1 1 (r <sub>7</sub> )	-35.519	(d <sub>7</sub> )	-11.257	n <sub>5</sub> =1.64916	$\nu_5 = 55.1$
1 2 (r <sub>8</sub> )	99.244	(d <sub>8</sub> )	-27.944		
1 3 (1 4)	$\infty$ (像面)			Y : -5.140	19.829°

上記実施例の画角は、左右画角が45°、上下画角が34.65°で、瞳径8mmである。

【0055】この実施例の収差補正状態を示すスポットダイアグラムを図13に示す。図13において、スポットダイアグラムの左側の4つの数字の中、上段の2つの数字は、長方形の画面中央の座標(X, Y)を(0.00, 0.00)、右端中央の座標を(0.00, -1.00)、右上隅の座標を(1.00, -1.00)、上端中央の座標を(1.00, 0.00)のように表現した場合の座標(X, Y)を示し、下段の2つの数字は、視軸(画面中央)に対して上記座標(X, Y)方向がなす角度のX成分、Y成分(度表示)を示す。

#### 【0056】実施例2

図6を参照にして、実施例2について説明する。この実施例の構成は実施例1と同じであるが、接眼凹面鏡3が

Y軸を軸とする回転楕円鏡からなる。

【0057】以下、この光学系の構成パラメータを示すが、面番号は、射出瞳2位置から2次元画像表示素子14へ向かう逆追跡の面番号として示してある。座標系のとり方、偏心量、傾き角の与え方、各面の曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数も実施例1と同様である。各面の非球面形状も同様であるが、接眼凹面鏡3については、曲率半径をRとすると、次の式で表される。

$$Z = (h^2/R) / [1 + \{1 - (1+K)(h^2/R^2)\}^{1/2}] + Ah^4 + Bh^6$$

$$(h^2 = X^2 + Y^2)$$

ここで、Kは円錐係数、A、Bはそれぞれ4次、6次の非球面係数である。

#### 【0058】

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心量)	アッペ数 (傾き角)
1 (2)	$\infty$ (瞳)	47.010		
2 (3) R	-41.559	0	Y : 28.650	90°
K	-0.209269			
A	0			
B	0			
3 (8) R <sub>y</sub>	-58.649	0	n = 1.487	$\nu = 70.4$
R <sub>x</sub>	-72.981		Y : -51.790	-6.803°
K <sub>y</sub>	1.167701		Z : 24.925	
K <sub>x</sub>	13.533262			
AR	$0.433130 \times 10^{-6}$			
BR	0			
AP	$-0.154970 \times 10^{-1}$			
BP	0			
4 R <sub>y</sub>	-39.220	0	Y : -38.119	38.781°
R <sub>x</sub>	-40.106		Z : 21.847	
K <sub>y</sub>	1.764612			
K <sub>x</sub>	9.145229			
AR	$-0.608546 \times 10^{-6}$			
BR	0			

	AP	-0.264803	$\times 10^{-1}$				
	BP	0					
5 (r <sub>1</sub> )	-41.419	(d <sub>1</sub> )	-2	n <sub>1</sub> =1.7393	$\nu_1 = 28.3$		
				Y : -36.766	31.972°		
				Z : -0.3364			
6 (r <sub>2</sub> )	-12.892	(d <sub>2</sub> )	-9.785	n <sub>2</sub> =1.5680	$\nu_2 = 63.3$		
7 (r <sub>3</sub> )	25.739	(d <sub>3</sub> )	-16.142				
8 (r <sub>4</sub> )	-197.047	(d <sub>4</sub> )	-2	n <sub>3</sub> =1.7443	$\nu_3 = 28.0$		
				Y : -5.6210	-4.4371°		
9 (r <sub>5</sub> )	-29.566	(d <sub>5</sub> )	-7.963	n <sub>4</sub> =1.5191	$\nu_4 = 67.2$		
10 (r <sub>6</sub> )	35.243	(d <sub>6</sub> )	-0.5				
11 (r <sub>7</sub> )	-39.239	(d <sub>7</sub> )	-9.350	n <sub>5</sub> =1.6552	$\nu_5 = 54.2$		
12 (r <sub>8</sub> )	96.655	(d <sub>8</sub> )	-29.206				
13 (14)	$\infty$ (像面)			Y : -1.865	20.979°		

上記実施例の画角は、左右画角が45°、上下画角が34.65°で、瞳径8mmである。この実施例の収差補正状態を示す図13と同様なスポットダイアグラムを図14に示す。

#### 【0059】実施例3

図7を参照にして、実施例3について説明する。この実施例の構成は実施例1と同じである。

【0060】以下、この光学系の構成パラメータを示すが、面番号は、射出瞳2位置から2次元画像表示素子14へ向かう逆追跡の面番号として示してある。座標系のとり方、偏心率、傾き角の与え方、各面の曲率半径、面間隔、屈折率、アッベ数、非球面形状も実施例1と同様である。

#### 【0061】

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心率)	アッベ数 (傾き角)
1 (2)	$\infty$ (瞳)	46.462		
2 (3)	-64.708	0	Y : -27.347	
3 (8)	R <sub>y</sub> -26.345	0	n =1.6516	$\nu = 58.5$
	R <sub>x</sub> -309.984		Y : -46.547	-15.054°
	K <sub>y</sub> -1.243826		Z : 14.919	
	K <sub>x</sub> 281.323532			
	AR 0			
	BR 0			
	AP 0			
	BP 0			
4	R <sub>y</sub> -14.212	0	Y : -43.199	34.775°
	R <sub>x</sub> 56.846		Z : 10.906	
	K <sub>y</sub> -5.057			
	K <sub>x</sub> -24.236217			
	AR 0			
	BR 0			
	AP 0			
	BP 0			
5 (r <sub>1</sub> )	-39.631	(d <sub>1</sub> ) -10	n <sub>1</sub> =1.5517	$\nu_1 = 47.1$
			Y : -47.054	18.088°
			Z : -25.910	
6 (r <sub>2</sub> )	8.830	(d <sub>2</sub> ) -11.316	n <sub>2</sub> =1.7541	$\nu_2 = 28.5$
7 (r <sub>3</sub> )	37.113	(d <sub>3</sub> ) -1		
8 (r <sub>4</sub> )	-663.767	(d <sub>4</sub> ) -2	n <sub>3</sub> =1.755	$\nu_3 = 27.6$
9 (r <sub>5</sub> )	-16.847	(d <sub>5</sub> ) -7.08	n <sub>4</sub> =1.6031	$\nu_4 = 60.7$
10 (r <sub>6</sub> )	24.972	(d <sub>6</sub> ) -0.5		
11 (r <sub>7</sub> )	-21.105	(d <sub>7</sub> ) -4.427	n <sub>5</sub> =1.741	$\nu_5 = 52.7$



1 2 (  $r_8$  ) 1803.805 (  $d_8$  ) -18.488

1 3 ( 1 4 )  $\infty$  ( 像面 )

上記実施例の画角は、左右画角が  $45^\circ$ 、上下画角が  $34.65^\circ$  で、瞳径 6 mm である。この実施例の収差補正状態を示す図 1 3 と同様なスポットダイアグラムを図 1 5 に示す。

#### 【0062】実施例 4

図 8 を参照にして、実施例 4 について説明する。この実施例の構成は実施例 1 とほぼ同じである。

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心率)	アッベ数 (傾き角)
1 ( 2 )	$\infty$ ( 瞳 )	46.629		
2 ( 3 )	$R_y$ -115.529 $R_x$ -54.290 $K_y$ 0.523637 $K_x$ -1.860239 $AR$ $-0.115605 \times 10^{-5}$ $BR$ $-0.192986 \times 10^{-10}$ $AP$ $-0.249219 \times 10^{-1}$ $BP$ -0.994737	0	$Y$ : -33.123	
3 ( 8 )	$R_y$ -38.676 $R_x$ -160.112 $K_y$ 0.304512 $K_x$ 47.168010 $AR$ $-0.102748 \times 10^{-4}$ $BR$ $0.177721 \times 10^{-7}$ $AP$ 0.359301 $BP$ $-0.215675 \times 10^{-1}$	0	$n = 1.6204$ $Y$ : -49.396 $Z$ : 20.192	$\nu = 60.3$ -16.592°
4	$R_y$ -13.121 $R_x$ -33.071 $K_y$ -0.838859 $K_x$ -3.037180 $AR$ $0.370764 \times 10^{-5}$ $BR$ $0.936964 \times 10^{-10}$ $AP$ $0.148906 \times 10^{-1}$ $BP$ 0.494624	0	$Y$ : -50.637 $Z$ : 5.481	19.980°
5 ( $r_1$ )	-38.818 ( $d_1$ ) -1		$n_1 = 1.7859$ $Y$ : -55.119 ( -42.582 ) $Z$ : -13.859 ( -4.663 )	$\nu_1 = 44.2$ 38.182° ( 48.558° )
6 ( $r_2$ )	-18.672 ( $d_2$ ) -9		$n_2 = 1.5163$	$\nu_2 = 64.1$
7 ( $r_3$ )	33.694 ( $d_3$ ) -11.574		$n_3 = 1.7618$	$\nu_3 = 26.6$
8 ( $r_4$ )	-98.075 ( $d_4$ ) -1		$Y$ : 7.422	5.524°
9 ( $r_5$ )	-24.573 ( $d_5$ ) -12.075		$n_4 = 1.5163$	$\nu_4 = 64.1$
10 ( $r_6$ )	57.624 ( $d_6$ ) -3		$n_5 = 1.6779$	$\nu_5 = 50.7$
11 ( $r_7$ )	-42.286 ( $d_7$ ) -18		$Y$ : -1.452	-26.031°
12 ( $r_8$ )	24.749 ( $d_8$ ) -1		$n_6 = 1.8052$	$\nu_6 = 25.4$

【0063】以下、この光学系の構成パラメータを示すが、面番号は、射出瞳 2 位置から 2 次元画像表示素子 1 4 へ向かう逆追跡の面番号として示してある。座標系のとり方、偏心率、傾き角の与え方、各面の曲率半径、面間隔、屈折率、アッベ数、非球面形状も実施例 1 と同様である。

#### 【0064】

1 3 (  $r_9$  ) 48.671 (  $d_9$  ) 0  
 1 4 ( 1 4 )  $\infty$  ( 像面 )

Y : -99.083 47.758°

Z : -85.700

上記実施例の画角は、左右画角が50°、上下画角が35°で、瞳径8mmである。なお、上記の表中、面番号：5の偏心率、傾き角の括弧内の数値にリレーレンズ系15を移動することによって、左右の観察画角が50°から30°に切り換え可能となっている。この実施例の広い画角時及び狭い画角時の収差補正状態を示す図13と同様なスポットダイアグラムをそれぞれ図16、図17に示す。

#### 【0065】実施例5

図9を参照にして、実施例5について説明する。この実

施例の構成は実施例1とほぼ同じである。以下、この光学系の構成パラメータを示すが、面番号は、射出瞳2位置から2次元画像表示素子14へ向かう逆追跡の面番号として示してある。座標系のとり方、偏心率、傾き角の与え方、各面の曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数、非球面形状も実施例1と同様である。なお、以下に示す実施例5～8の何れも接眼凹面鏡3による屈曲角は70°である。

#### 【0066】

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心率)	アッペ数 (傾き角)
1 (2)	$\infty$ (瞳)	59.485		
2 (3)	$R_y$ -77.651 $R_x$ -49.777 $K_y$ -0.742715 $K_x$ -0.372467 AR 0 BR 0 AP 0 BP 0	0	Y : -6.338 Z : -85.700	29.485°
3 (8)	$R_y$ -20.792 $R_x$ -30.737 $K_y$ -3.245698 $K_x$ 0.484215 AR 0 BR 0 AP 0 BP 0	0	$n = 1.51633$ Y : -30.315 Z : 34.578	$\nu = 64.1$ 52.929°
4	$R_y$ -51.135 $R_x$ -32.115 $K_y$ 1.468440 $K_x$ 3.808630 AR 0 BR 0 AP 0 BP 0	0	Y : -53.172 Z : 46.245	67.287°
5 ( $r_1$ )	-35.955 ( $d_1$ )	-5.7401	$n_1 = 1.60311$ Y : -60.264 Z : 28.592	$\nu_1 = 60.7$ 45.566°
6 ( $r_2$ )	37.128 ( $d_2$ )	-9.087		
7 ( $r_3$ )	-42.898 ( $d_3$ )	-8.175	$n_2 = 1.60311$	$\nu_2 = 60.7$
8 ( $r_4$ )	13.539 ( $d_4$ )	-1	$n_3 = 1.80518$	$\nu_3 = 25.4$
9 ( $r_5$ )	24.285 ( $d_5$ )	-0.1		
10 ( $r_6$ )	-15.116 ( $d_6$ )	-8.885	$n_4 = 1.60311$	$\nu_4 = 60.7$
11 ( $r_7$ )	22.339 ( $d_7$ )	-1	$n_5 = 1.80518$	$\nu_5 = 25.4$
12 ( $r_8$ )	134.077 ( $d_8$ )	-7.851		

13, (14)  $\infty$  (像面) $R_{Y1}/R_{Y2} = 0.4066$ 

上記実施例の画角は、左右画角が $50^\circ$ 、上下画角が $38.5^\circ$ で、瞳径10mmである。

【0067】この実施例の収差補正状態を示す図13と同様なスポットダイアグラムを図18～図20に示す。

#### 【0068】実施例6

図10を参照にして、実施例6について説明する。この実施例の構成は実施例1とほぼ同じである。以下、この光学系の構成パラメータを示すが、面番号は、射出瞳2

Y: -1.030 17.642°

位置から2次元画像表示素子14へ向かう逆追跡の面番号として示してある。座標系のとり方、偏心量、傾き角の与え方、各面の曲率半径、面間隔、屈折率、アッベ数も実施例1と同様である。各面の非球面形状も同様であるが、リレー光学系15については、実施例2の式で表される。

#### 【0069】

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心量)	アッベ数 (傾き角)
1 (2)	$\infty$ (瞳)	60.816		
2 (3)	$R_y$ -77.651 $R_x$ -50.409 $K_y$ -0.878357 $K_x$ -0.672540 AR 0 BR 0 AP 0 BP 0	0	Y: -8.800	27.458°
3 (8)	$R_y$ -17.110 $R_x$ -47.766 $K_y$ -1.360137 $K_x$ 5.460714 AR 0 BR 0 AP 0 BP 0	0	$n = 1.51633$ Y: -25.755 Z: 27.357	$\nu = 64.1$ 75.295°
4	$R_y$ -47.337 $R_x$ -38.588 $K_y$ 2.800090 $K_x$ 5.582655 AR 0 BR 0 AP 0 BP 0	0	Y: -48.146 Z: 37.759	76.445°
5 ( $r_1$ )	-34.080 ( $d_1$ ) K 0 A $0.389918 \times 10^{-4}$ B $0.434491 \times 10^{-7}$	-5.476	$n_1 = 1.51633$ Y: -61.113 Z: 21.045	$\nu_1 = 64.1$ 40.751°
6 ( $r_2$ )	22.097 ( $d_2$ ) K 0 A $-0.141800 \times 10^{-4}$ B $0.115543 \times 10^{-6}$	-13.846		
7 ( $r_3$ )	-90.067 ( $d_3$ )	-2.395	$n_2 = 1.51633$ Y: -3.827	$\nu_2 = 64.1$ -10.283°
8 ( $r_4$ )	51.410 ( $d_4$ )	-0.1		
9 ( $r_5$ )	-16.273 ( $d_5$ )	-10.090	$n_3 = 1.60311$ Y: -0.918	$\nu_3 = 60.7$ 9.334°

$10(r_6)$  19.173  $(d_6)$  -1  $n_4=1.80518$   $\nu_4=25.4$   
 $11(r_7)$  55.216  $(d_7)$  -8.126  
 $12(14)$   $\infty$  (像面)  $Y: -0.217$   $16.176^\circ$   
 $R_{Y1}/R_{Y2}=0.3615$

上記実施例の画角は、左右画角が $50^\circ$ 、上下画角が $38.5^\circ$ で、瞳径10mmである。

#### 【0070】実施例7

図11を参照にして、実施例7について説明する。この実施例の構成は実施例6とほぼ同じである。以下、この光学系の構成パラメータを示すが、面番号は、射出瞳2

位置から2次元画像表示素子14へ向かう逆追跡の面番号として示してある。座標系のとり方、偏心量、傾き角の与え方、各面の曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数、非球面形状も実施例6と同様である。

#### 【0071】

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心量)	アッペ数 (傾き角)
1 (2)	$\infty$ (瞳)	60.230		
2 (3)	$R_y$ -80.972 $R_x$ -51.556 $K_y$ -0.868497 $K_x$ -0.539374 $AR$ 0 $BR$ 0 $AP$ 0 $BP$ 0	0	$Y: -7.654$ $Z: 28.655^\circ$	
3 (8)	$R_y$ -11.437 $R_x$ -31.949 $K_y$ -0.916345 $K_x$ 0.350858 $AR$ 0 $BR$ 0 $AP$ 0 $BP$ 0	0	$n=1.51633$ $Y: -27.643$ $Z: 24.394$	$\nu=64.1$ $96.656^\circ$
4	$R_y$ -45.201 $R_x$ -33.081 $K_y$ 2.664361 $K_x$ 3.133791 $AR$ 0 $BR$ 0 $AP$ 0 $BP$ 0	0	$Y: -48.795$ $Z: 41.953$	$70.106^\circ$
5( $r_1$ )	-25.39504 $(d_1)$ -9.116 $K$ 0 $A$ $0.326222 \times 10^{-4}$ $B$ $0.125536 \times 10^{-7}$		$n_1=1.51633$ $Y: -68.080$ $Z: 17.195$	$\nu_1=64.1$ $39.749^\circ$
6 ( $r_2$ )	20.93214 $(d_2)$ -14.008 $K$ 0 $A$ $-0.224574 \times 10^{-4}$ $B$ $0.176739 \times 10^{-7}$			
7 ( $r_3$ )	-17.27805 $(d_3)$ -10.874		$n_2=1.60311$ $Y: -6.411$	$\nu_2=60.7$ $-0.236^\circ$
8 ( $r_4$ )	18.239 $(d_4)$ -1		$n_3=1.80518$	$\nu_3=25.4$
9 ( $r_5$ )	41.362 $(d_5)$ -7.442			
10 (14)	$\infty$ (像面)		$Y: -0.228$	$18.218^\circ$

$$R_{Y1}/R_{Y2} = 0.2530$$

上記実施例の画角は、左右画角が $50^\circ$ 、上下画角が $38.5^\circ$ で、瞳径10mmである。

#### 【0072】実施例8

図12を参照にして、実施例8について説明する。この実施例の構成は実施例6とほぼ同じである。以下、この光学系の構成パラメータを示すが、面番号は、射出瞳2

位置から2次元画像表示素子14へ向かう逆追跡の面番号として示してある。座標系のとり方、偏心率、傾き角の与え方、各面の曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数、非球面形状も実施例6と同様である。

#### 【0073】

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心率)	アッペ数 (傾き角)
1 (2)	$\infty$ (瞳)	60.446		
2 (3)	$R_y$ -82.033 $R_x$ -52.269 $K_y$ -0.930764 $K_x$ -0.656131 AR 0 BR 0 AP 0 BP 0	0	Y : -8.037	28.437°
3 (8)	$R_y$ -11.522 $R_x$ -27.685 $K_y$ -0.897431 $K_x$ 0.010734 AR 0 BR 0 AP 0 BP 0	0	n =1.51633 Y : -28.493 Z : 24.762	$\nu = 64.1$ 97.541°
4	$R_y$ -45.865 $R_x$ -34.708 $K_y$ 2.699501 $K_x$ 3.391928 AR 0 BR 0 AP 0 BP 0	0	Y : -48.482 Z : 42.285	70.499°
5 ( $r_1$ )	-23.895 ( $d_1$ ) K 0 A $0.335999 \times 10^{-4}$ B $0.104357 \times 10^{-7}$	-9.116	n <sub>1</sub> =1.51633 Y : -68.545 Z : 17.148	$\nu_1 = 64.1$ 39.647°
6 ( $r_2$ )	21.98354 ( $d_2$ ) K 0 A $-0.242064 \times 10^{-4}$ B $0.306259 \times 10^{-7}$	-12.920		
7 ( $r_3$ )	-17.155 ( $d_3$ )	-10.789	n <sub>2</sub> =1.60311 Y : -6.638	$\nu_2 = 60.7$ 0.758°
8 ( $r_4$ )	17.650 ( $d_4$ )	-1	n <sub>3</sub> =1.80518	$\nu_3 = 25.4$
9 ( $r_5$ )	40.523 ( $d_5$ )	-7.512		
10 (14)	$\infty$ (像面) $R_{Y1}/R_{Y2} = 0.2512$		Y : -0.086	18.909°

上記実施例の画角は、左右画角が $50^\circ$ 、上下画角が $35^\circ$ で、瞳径10mmである。

【0074】実施例5～8の場合、リレー光学系15を観察者頭部(眼球上部)に配置することが可能となり、

偏心補正光学系8が眼球の上部に位置するため、空中像ではなく外界像を観察している時に、偏心補正光学系8が邪魔をして外界の観察像の視野が観察できなくなる問題が発生しない。この問題が起これと、視覚表示装置を装着したまま他の仕事をしたり、場所を移動したりする時に、観察者の視野の狭さからくる不安を与えることになってしまう。

【0075】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明に基づき、広い提示画角で、周辺の画角まで鮮明に観察できる頭部装着式視覚表示装置を提供することができる。

【0076】また、眼鏡等を装着したまま空間に投影された広い観察画角の空中像を鮮明に観察することが可能な頭部装着式視覚表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の視覚表示装置の概念図である。

【図2】本発明による偏心補正光学系の光路図である。

【図3】視覚表示装置の接眼凹面鏡によって発生する像面湾曲を示す図である。

【図4】眼の回旋運動によって視野がケラレる様子を示す図である。

【図5】本発明の実施例1の光学的構成を示す断面図である。

【図6】実施例2の光学的構成を示す断面図である。

【図7】実施例3の光学的構成を示す断面図である。

【図8】実施例4の光学的構成を示す断面図である。

【図9】実施例5の光学的構成を示す断面図である。

【図10】実施例6の光学的構成を示す断面図である。

【図11】実施例7の光学的構成を示す断面図である。

【図12】実施例8の光学的構成を示す断面図である。

【図13】実施例1の収差補正状態を示すスポットダイ

アグラムである。

【図14】実施例2の収差補正状態を示すスポットダイアグラムである。

【図15】実施例3の収差補正状態を示すスポットダイアグラムである。

【図16】実施例4の広い画角時の収差補正状態を示すスポットダイアグラムである。

【図17】実施例4の狭い画角時の収差補正状態を示すスポットダイアグラムである。

【図18】実施例5の収差補正状態を示すスポットダイアグラムの一部である。

【図19】実施例5の収差補正状態を示すスポットダイアグラムの別の部分である。

【図20】実施例5の収差補正状態を示すスポットダイアグラムの残りの部分である。

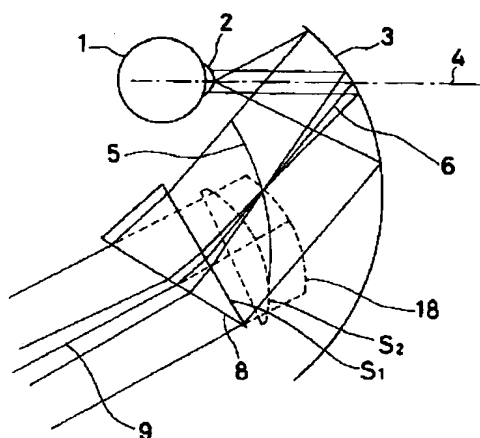
【図21】従来の頭部装着式視覚表示装置の構成を示す平面図である。

【図22】本出願人による先行技術の頭部装着式視覚表示装置の構成を示す断面図である。

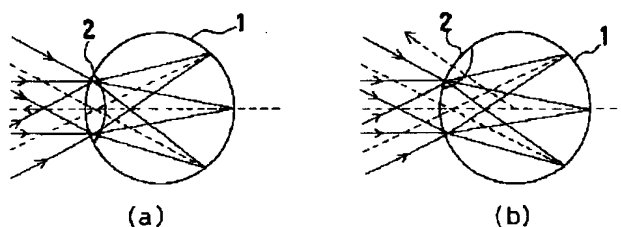
【符号の説明】

- 1…観察者眼球
- 2…観察者瞳位置
- 3…接眼凹面鏡
- 4…観察者の視軸
- 5…接眼凹面鏡による無限遠物体の像面
- 6…接眼凹面鏡によって屈曲した光軸
- 7…観察者の瞳投影位置
- 8…偏心補正光学系
- 9…偏心補正光学系を射出した後の光軸
- 14…2次元画像表示素子
- 15…リレー光学系
- 18…偏心補正光学系で補正された像面

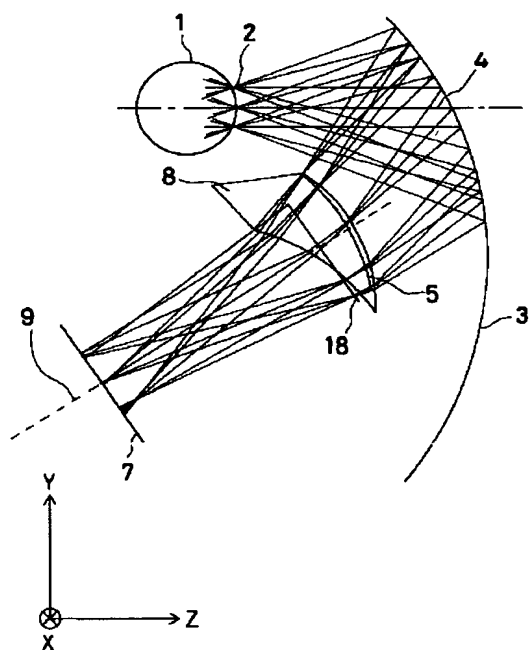
【図1】



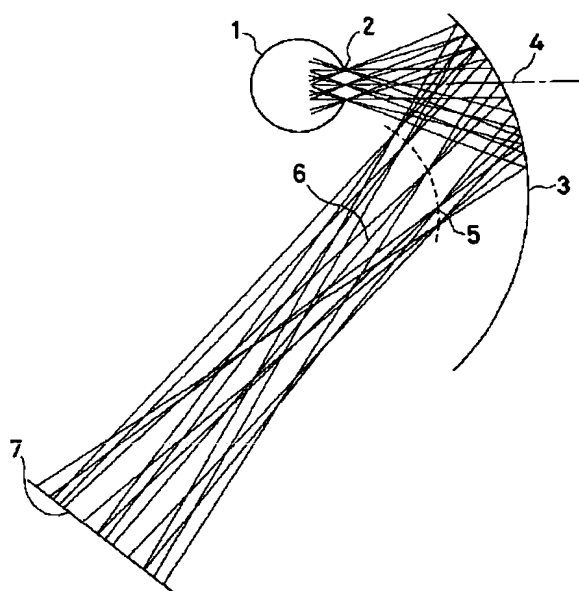
【図4】



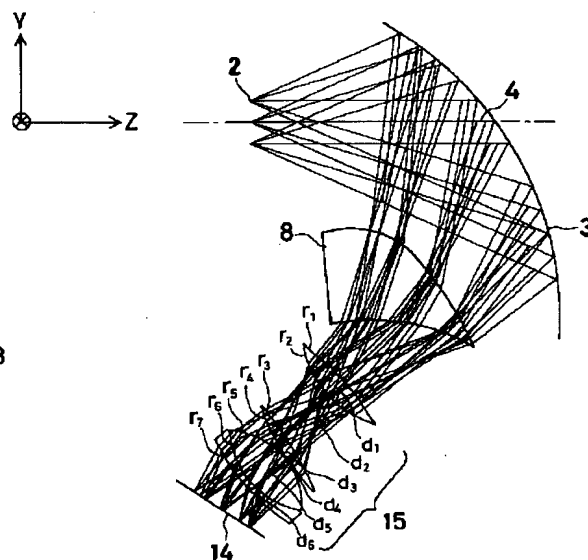
【図2】



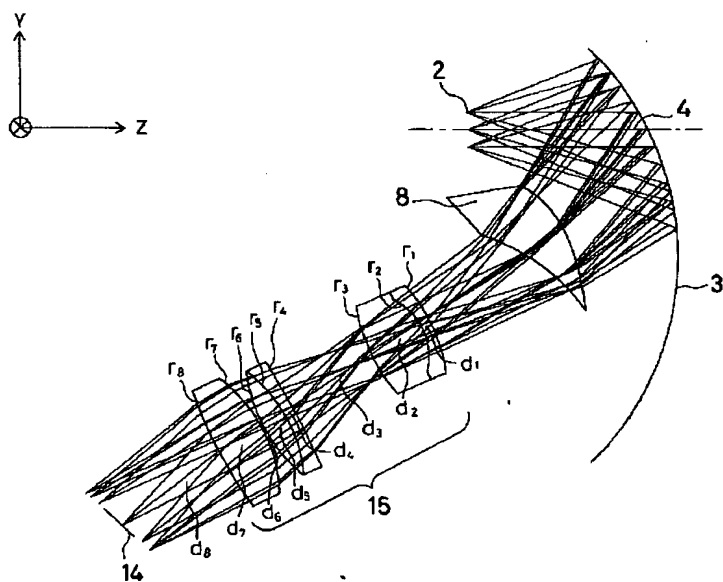
【図3】



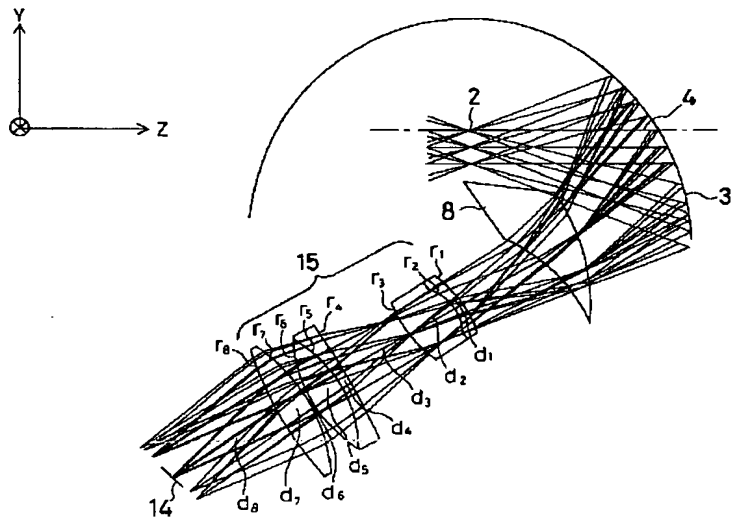
【図10】



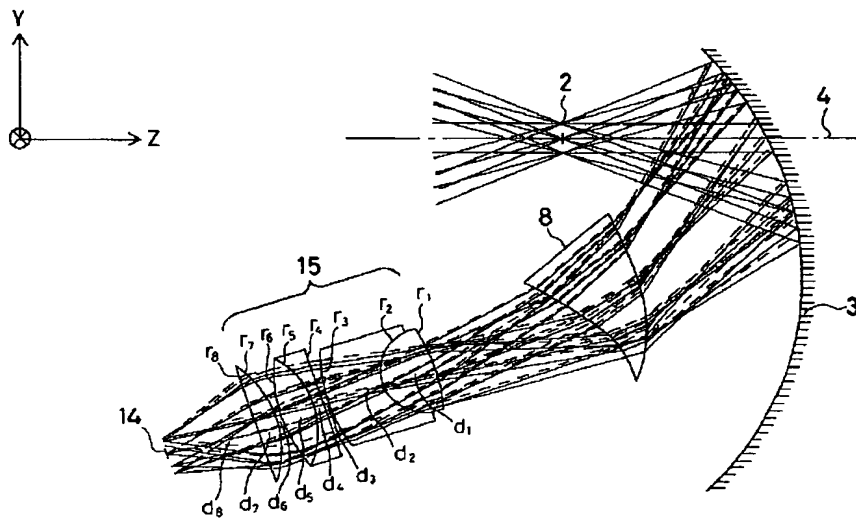
【図5】



【図6】

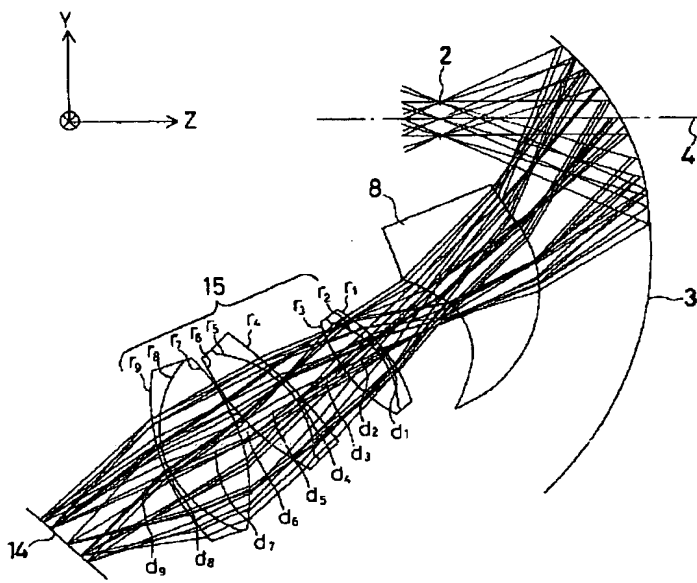


【図7】

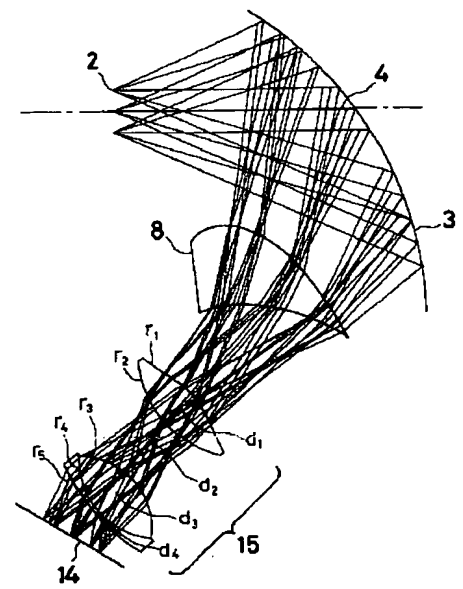




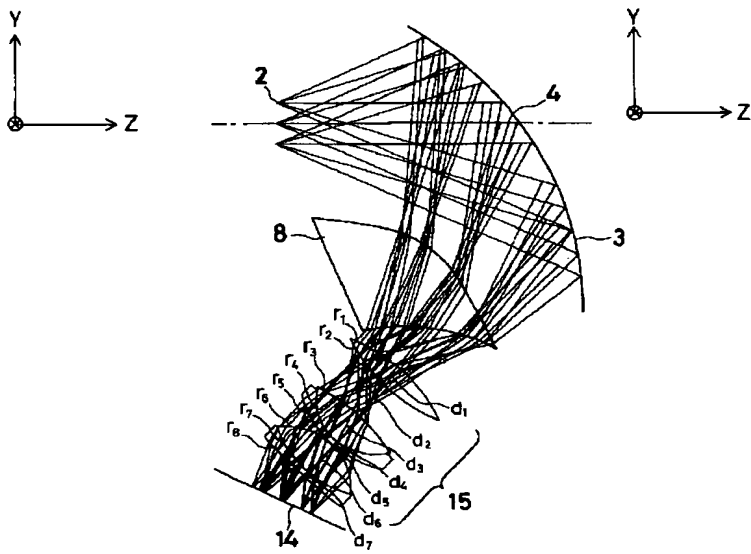
【図8】



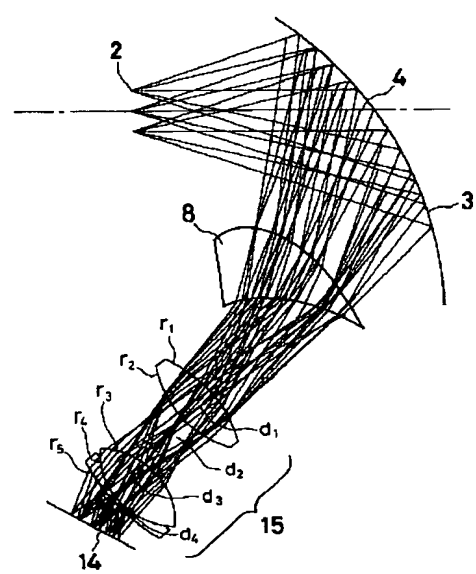
【図11】



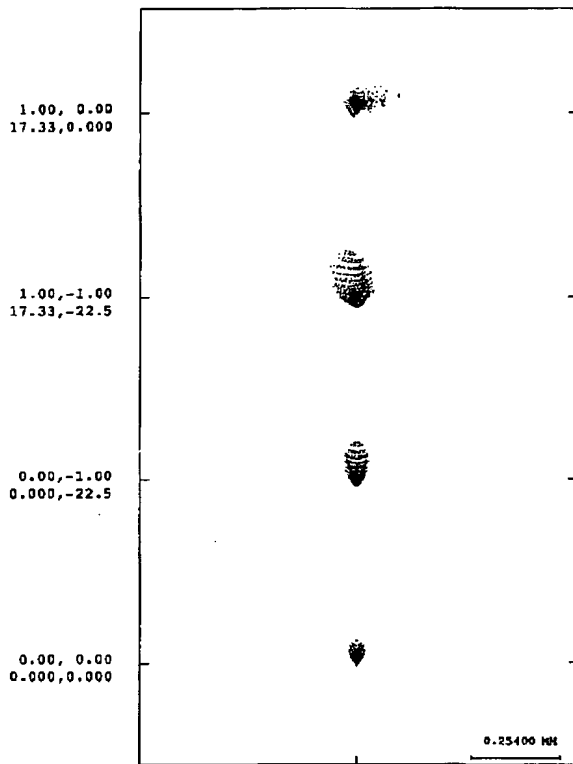
【図9】



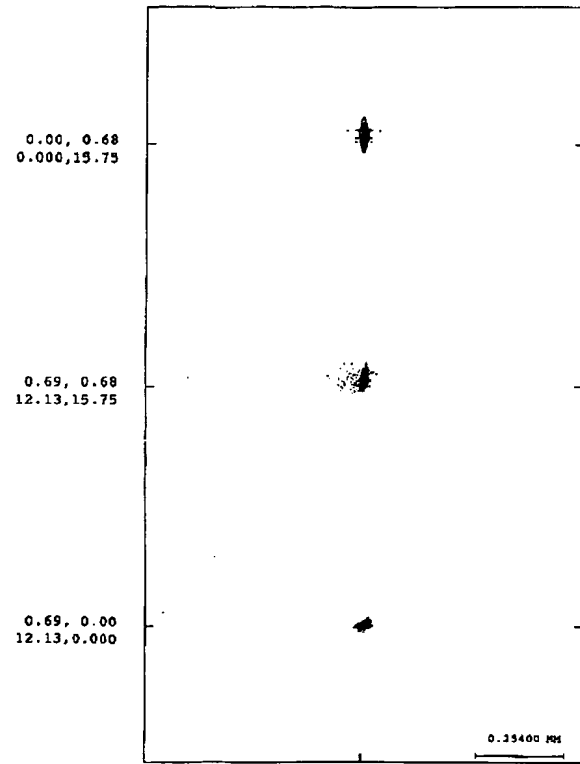
【図12】



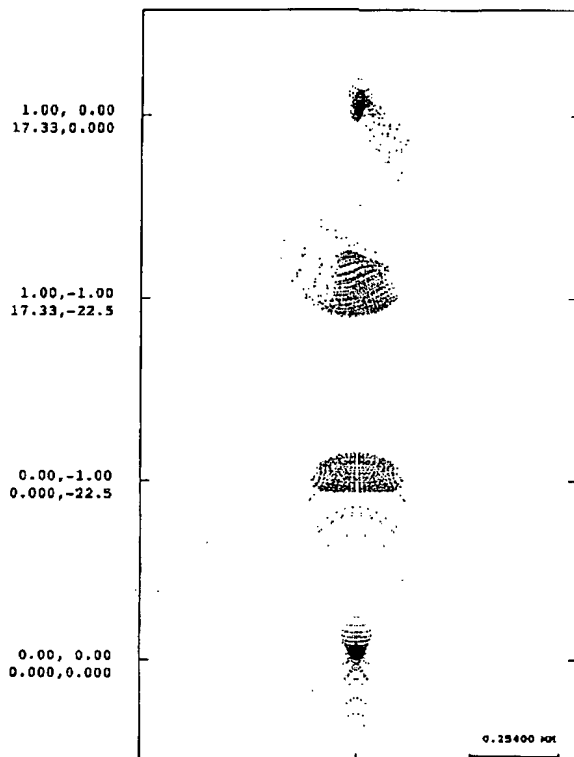
【図13】



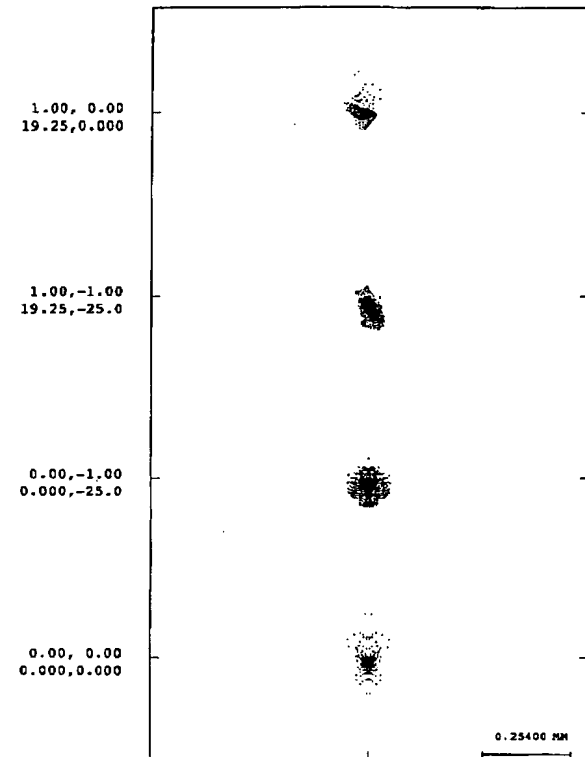
【図14】



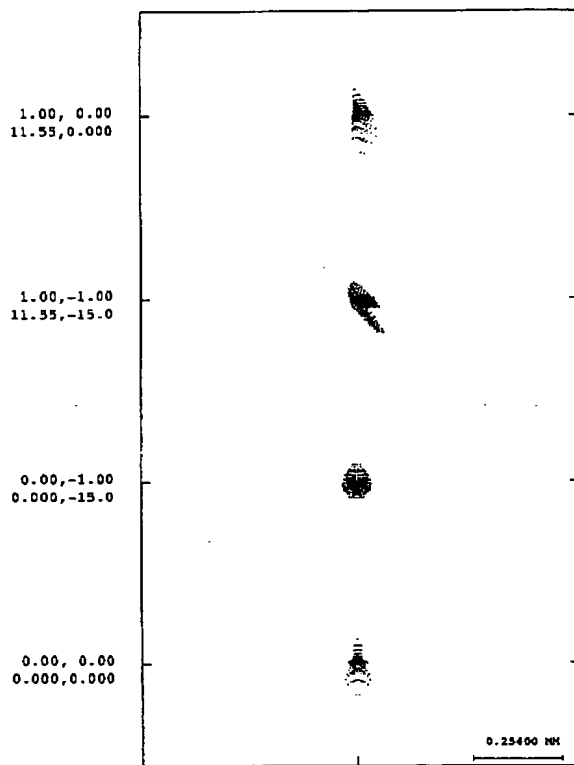
【図15】



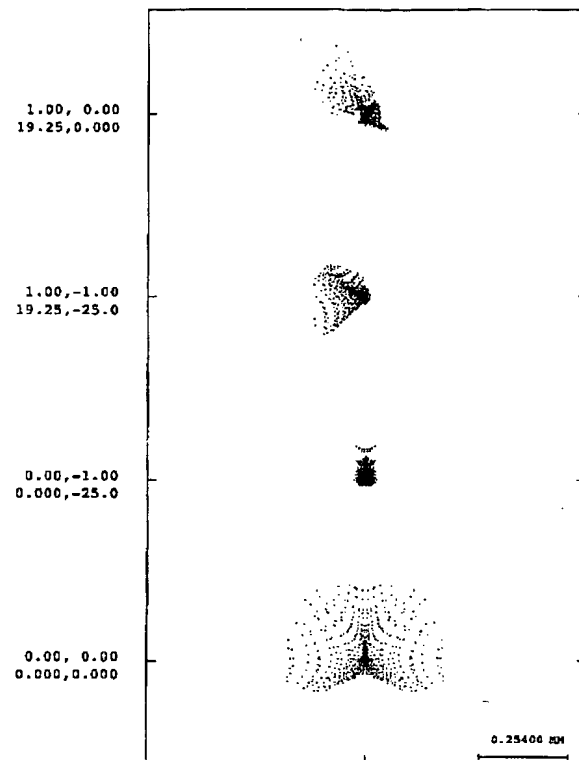
【図16】



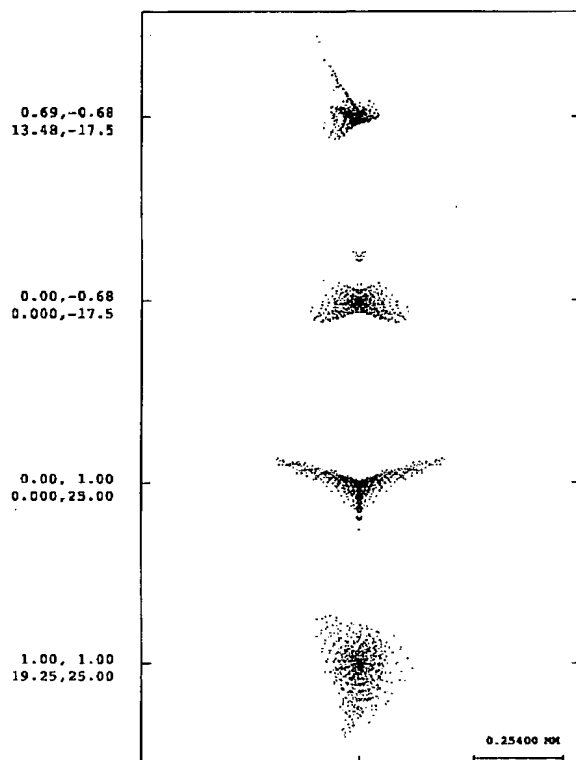
【図17】



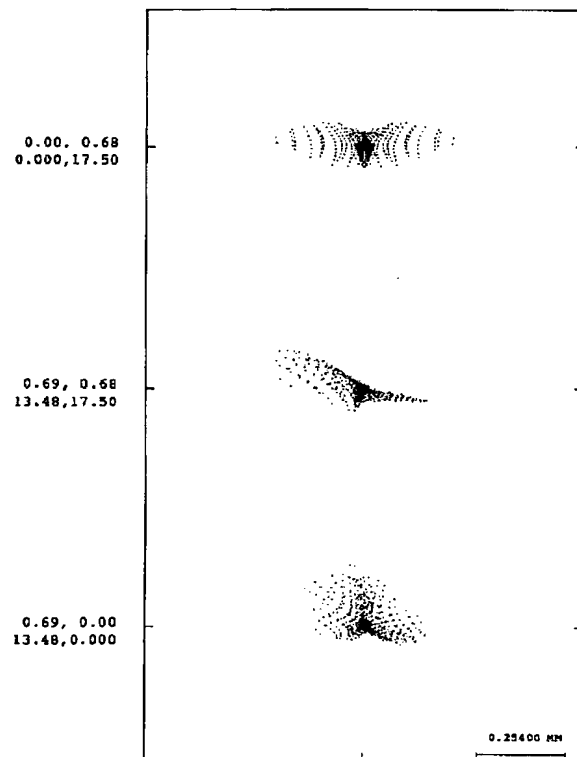
【図18】



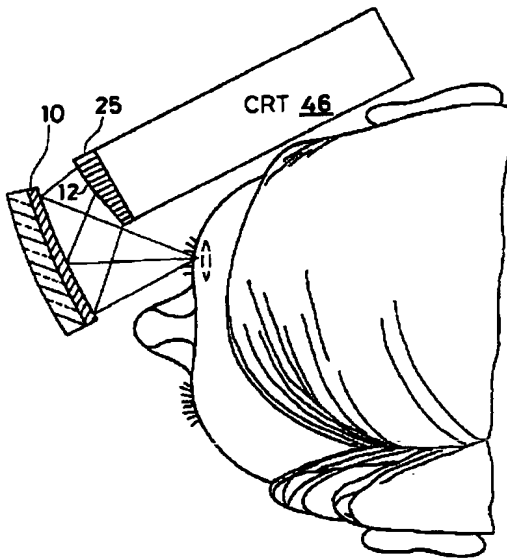
【図19】



【図20】



【図21】



【図22】

